

Foto: Fábio Martins Mercante



Nutrição Nitrogenada na Cultura da Soja em Mato Grosso do Sul: Reinoculação x Adubação Nitrogenada

Fábio Martins Mercante¹

Luiz Alberto Staut²

Auro Akio Otsubo³

Carlos Hissao Kurihara⁴

A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] teve um grande desenvolvimento nas últimas três décadas no Brasil, sendo, atualmente, a principal fonte de divisas de exportação agrícola e responsável pelo superávit da balança comercial do País. O Estado de Mato Grosso do Sul vem se destacando entre os principais produtores de grãos dessa oleaginosa, obtendo uma produção de 3,25 milhões de toneladas na safra 2001/2002, numa área de 1,17 milhão de hectares, atingindo uma produtividade de 2.777 kg ha⁻¹. A evolução da área produtora de soja em Mato Grosso do Sul e as respectivas produtividades podem ser observadas na Fig. 1.

O crescimento da produção e o aumento da capacidade competitiva da soja brasileira estão associados aos avanços científicos e à disponibilização de tecnologias ao setor produtivo. Entre os trabalhos de pesquisa que têm contribuído para viabilizar economicamente a cultura da soja no Brasil, encontram-se os estudos sobre a nutrição da planta, especialmente em relação ao suprimento de

nitrogênio (N). Neste contexto, os elevados teores de proteínas encontrados nos grãos de soja (cerca de 40%) fazem do N o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura.

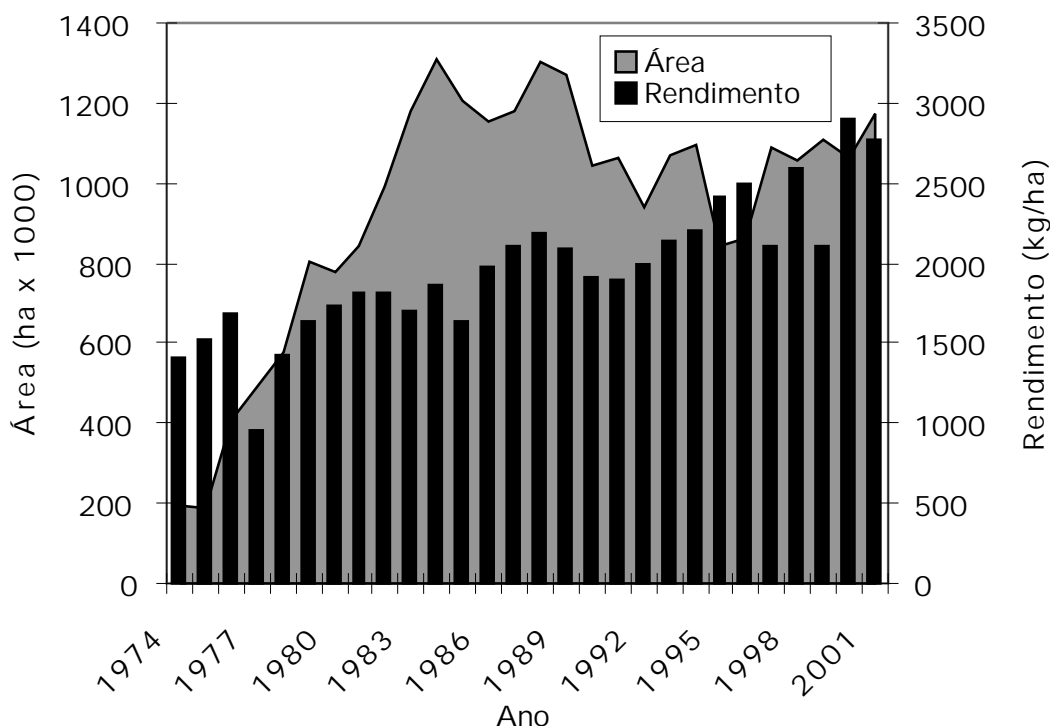
Desse modo, as principais fontes de fornecimento de N à cultura da soja são os fertilizantes nitrogenados e o processo de fixação biológica de nitrogênio atmosférico (N₂). A baixa eficiência de utilização dos fertilizantes nitrogenados (em torno de 50%) pelas plantas conduz a estimativas da necessidade de 480 kg de N para a produção de 3.000 kg/ha de soja (Hungria et al., 2001). Considerando-se a aplicação de uréia (45% de N), seriam necessários 1.067 kg desse fertilizante para obtenção dessa produtividade, o que inviabilizaria economicamente a cultura no Brasil. Além disso, deve-se considerar os graves problemas ambientais provocados pelo efeito potencialmente poluidor do nitrato lixiviado no solo, resultante do uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados, como tem sido verificado em diversos países da Europa.

⁽¹⁾ Eng. Agrôn., Ph.D., Embrapa Agropecuária Oeste, Caixa Postal 661, 79804-970 Dourados, MS. E-mail: mercante@cpao.embrapa.br

⁽²⁾ Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Agropecuária Oeste, E-mail: staut@cpao.embrapa.br

⁽³⁾ Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Agropecuária Oeste. E-mail: auro@cpao.embrapa.br

⁽⁴⁾ Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Agropecuária Oeste. E-mail: kurihara@vicosa.com.br



Fonte: Anuário... (1976-2000); Agriannual... (2000; 2001).

Fig. 1. Produtividade média e área cultivada com soja em Mato Grosso do Sul, nas safras agrícolas de 1974/1973 a 2001/2002.

O processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) resulta da transformação do N_2 em amônia (NH_3), intermediado pela enzima dinitrogenase, presente em determinados grupos de bactérias. No caso da soja, a simbiose ocorre com bactérias das espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*, sendo capazes de formar uma estrutura especializada (nódulo) nas raízes, onde captam o N_2 atmosférico, que, após a sua transformação, poderá então ser utilizada pela planta. Em troca, a planta fornece à bactéria energia obtida através da fotossíntese. Assim, forma-se uma perfeita associação, sendo planta e bactéria mutuamente favorecidas.

Contudo, a elevada demanda de N pela cultura da soja exige um eficiente funcionamento do sistema simbiótico com bactérias diazotróficas, capaz de garantir o suprimento desse nutriente nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, a obtenção de elevados níveis de produtividade. Por outro lado, um sistema simbiótico ineficiente exigiria a aplicação de fertilizantes nitrogenados, que poderia inviabilizar economicamente a cultura no Brasil. Conforme modelo apresentado por Alves et al. (2000), o processo de FBN é iniciado para a cultura da soja quando o N disponível do solo já não é mais suficiente para atender à demanda da cultura. Nas áreas sob plantio direto, onde a disponibilidade de N

é baixa, principalmente nos primeiros anos de implantação, o processo de FBN é iniciado precocemente, o que não se observa em áreas de plantio convencional. Sob este sistema, a disponibilidade de N mineral do solo é aumentada com a perturbação do solo pela mecanização, e a FBN somente se inicia mais tarde quando o N mineral do solo passa a limitar o desenvolvimento da planta. Assim, deve-se destacar que a FBN é estimulada no Sistema Plantio Direto, onde têm sido verificados incrementos no número de células viáveis de *Bradyrhizobium*, na nodulação da raízes e no rendimento de grãos de soja (Hungria, 2000).

A pesquisa brasileira vem produzindo trabalhos significativos para a maximização da eficiência simbiótica na interação entre soja e estirpes de rizóbio, visando a obtenção de incrementos na produtividade da cultura.

Seleção de estirpes de rizóbio mais eficientes e competitivas para inoculação em sementes de soja

Trabalhos contínuos vêm sendo conduzidos por pesquisadores da área de microbiologia do solo, procurando selecionar estirpes de rizóbio que proporcionem taxas mais elevadas de fixação de N_2 e que sejam capazes de competir com outras

estirpes estabelecidas no solo, visando suprir a demanda de N pelas cultivares de soja, que, a cada ano, são disponibilizadas para o cultivo no País.

Atualmente, são recomendadas quatro estirpes para a produção de inoculantes comerciais para a cultura da soja no Brasil, sendo duas da espécie *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 = CPAC 15 e SEMIA 5080 = CPAC 7) e duas da espécie *Bradyrhizobium elkanii* (SEMIA 587 e SEMIA 5019). Devido à elevada eficiência já demonstrada por todas essas estirpes, a pesquisa as disponibiliza para a indústria, que utiliza quaisquer combinações aos pares para a composição do produto comercial.

Em Mato Grosso do Sul, como em outras regiões do País, têm sido conduzidos diversos ensaios para avaliação da eficiência simbiótica das estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas pela pesquisa, visando identificar a estirpe e/ou a combinação de estirpes mais eficiente nas condições edafoclimáticas locais, além de verificar os efeitos da aplicação de doses de adubo nitrogenado na cultura da soja. Os ensaios têm sido conduzidos nos campos experimentais da *Embrapa Agropecuária Oeste*, nos municípios de Dourados e Ponta Porã, num

Latossolo Vermelho distroférico típico, de textura muito argilosa e num Latossolo Vermelho Distrófico típico, de textura média, respectivamente.

Durante o período de 1996/1997 a 2000/2001, verificaram-se variações consideráveis na produtividade de soja, cultivada sob sistema convencional, que podem ser atribuídas, principalmente, às oscilações nos níveis e distribuição de precipitações pluviométricas. As produtividades mais baixas ocorreram, via de regra, nas safras com maior ocorrência de déficit hídrico, com período de estiagem prolongado. Embora, na maioria dos ensaios, não tenham sido observadas diferenças estatísticas significativas na produtividade de soja entre os tratamentos correspondentes à inoculação com as estirpes de *Bradyrhizobium* e o tratamento controle (sem inoculação), verificou-se que a reinoculação das sementes promoveu, na safra 1997/1998, aumentos de até 275 kg ha⁻¹ no rendimento de grãos de soja, correspondendo a um incremento de 15% (Fig. 2). Dos cinco ensaios conduzidos, apenas em 1996/97 não houve efeito benéfico da reinoculação no rendimento de grãos de soja. Nas

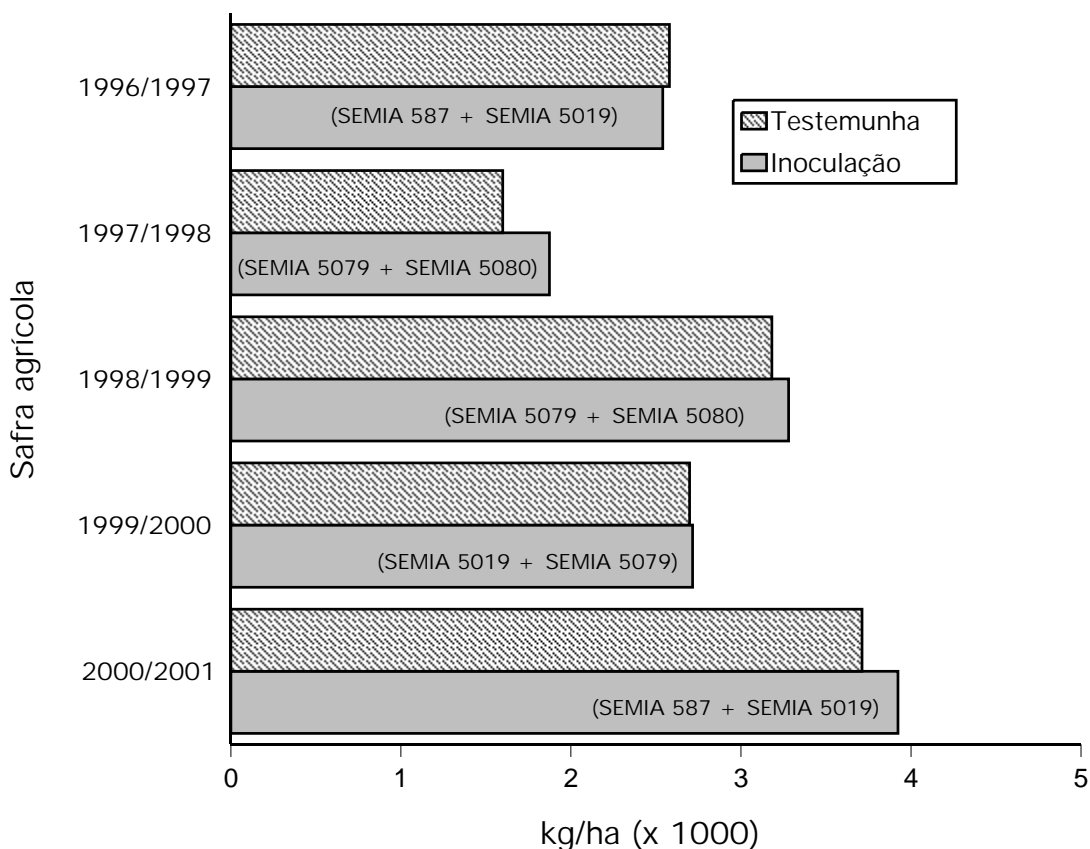


Fig. 2. Rendimento de grãos de soja reinoculada com diferentes combinações de estirpes comerciais de *Bradyrhizobium*, em solos com população estabelecida, em Dourados, MS. Os dados apresentados referem-se às combinações de estirpes mais eficientes em relação aos tratamentos controle (sem inoculação). As cultivares utilizadas foram BR 16 (safras 1996/1997 e 1997/1998), Embrapa 64 (safras 1998/1999 e 1999/2000) e BRS 182 (safra 2000/2001).

safras seguintes, os maiores ganhos com a reinoculação foram de 275, 98, 18 e 211 kg ha⁻¹, respectivamente (Fig. 2). Deve-se considerar que os solos das áreas experimentais apresentavam uma população estabelecida de *Bradyrhizobium* acima de 10⁴ células g⁻¹ de solo, proporcionando uma nodulação eficiente nas plantas de soja. Além disso, a deficiência hídrica associada às temperaturas elevadas do solo, especialmente no estabelecimento da cultura, com o solo descoberto, pode afetar o potencial simbiótico das estirpes de *Bradyrhizobium*, reduzindo a sua eficiência e, conseqüentemente, a produtividade da cultura.

Do mesmo modo, não foram detectadas diferenças significativas no rendimento de grãos de soja entre os tratamentos com plantas inoculadas e aquele com plantas adubadas com N-uréia (200 kg de N ha⁻¹, com metade da aplicação no plantio e metade no início do florescimento). De modo geral, a adubação nitrogenada com a dose mencionada provocou uma redução na massa nodular das plantas.

Na safra agrícola 2001/2002, os ensaios para avaliação da eficiência simbiótica das estirpes de *Bradyrhizobium* sp. e do efeito da aplicação de doses de adubo nitrogenado na cultura da soja foram conduzidos sob Sistema Plantio Direto, em sucessão às culturas de aveia preta (*Avena strigosa*) e trigo (*Triticum aestivum* L.), nos campos

experimentais da *Embrapa Agropecuária Oeste* em Dourados e Ponta Porã, respectivamente. As estirpes comerciais de *Bradyrhizobium* recomendadas para a cultura da soja foram avaliadas individualmente e em combinações aos pares. Além desses tratamentos, foram incluídos controles sem inoculação e com diferentes doses de N-uréia, sem inoculação: 30 kg ha⁻¹, no plantio; 120 kg ha⁻¹, em quatro aplicações (plantio, início de florescimento, florescimento pleno e enchimento de grãos) e 200 kg ha⁻¹, 50% no plantio e 50% no florescimento. Em ambos os ensaios, os inoculantes foram adicionados na dose de 500 g/500 kg de sementes e, como adesivo, utilizou-se solução açucarada a 10%, na dosagem de 300 ml de solução/500 g de inoculante.

De modo geral, a adubação nitrogenada reduziu a massa nodular das raízes, principalmente quando foram aplicadas as doses mais elevadas de N. No município de Dourados, observou-se efeito diferenciado entre as estirpes inoculadas quanto ao rendimento de grãos da cultura, com incrementos de até 22% pela reinoculação da estirpe SEMIA 5019, em relação ao tratamento sem inoculação (Tabela 1). Em ambos os ensaios, não foram detectados incrementos no rendimento de grãos pela aplicação de adubo nitrogenado, independentemente da dose utilizada e da época de aplicação (Tabelas 1 e 2). A falta de resposta à adubação nitrogenada no rendimento de grãos da

Tabela 1. Avaliação do número de nódulos, matéria seca da parte aérea, peso de nódulos secos e teor foliar de N de plantas de soja, cv. BRS 182, cultivadas sob plantio direto, na safra agrícola 2001/2002, em Dourados, MS.

Tratamento	Nº de Nódulos/planta	Matéria seca		N-total da parte aérea (g kg ⁻¹)	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)
		Nódulos (mg planta ⁻¹)	Parte aérea (g planta ⁻¹)		
Testemunha sem inoculação (TSI)	17,7	72,8 ab	4,2	48,9	3.141 BC
TSI + 200 Kg N ⁽¹⁾	23,2	37,4 b	5,0	49,4	3.798 ab
SEMIA 587	19,7	71,1 ab	3,5	46,7	2.956 c
SEMIA 5019	17,6	59,2 ab	3,8	50,6	4.052 a
SEMIA 5079	27,0	80,6 a	3,6	46,8	3.423 abc
SEMIA 5080	20,2	84,6 a	3,6	49,2	2.942 c
SEMIA 587 + SEMIA 5019	25,5	79,5 a	4,6	49,7	3.219 bc
SEMIA 5079 + SEMIA 5080	21,9	72,8 ab	5,0	50,6	3.211 bc

⁽¹⁾ Aplicação de N-uréia parcelada em 50% no plantio e 50% no florescimento.

Valores médios de seis repetições. Letras diferentes nas colunas contrastam médias pelo teste de Duncan (P 0,05). Na ausência de letras, os valores não diferem significativamente.

Tabela 2. Avaliação do número de nódulos, matéria seca da parte aérea, peso de nódulos secos e teor foliar de N de plantas de soja, cv. BRS 182, cultivadas sob plantio direto, na safra agrícola 2001/2002, em Ponta Porã, MS.

Tratamento	Nº de Nódulos/planta	Matéria seca		N-total da parte aérea (g kg ⁻¹)	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)
		Nódulos (mg planta ⁻¹)	Parte aérea (g planta ⁻¹)		
Testemunha sem inoculação (TSI)	55,4 a	302,4 a	8,5 b	58,3 b	2006 b
TSI + 200 Kg N ⁽¹⁾	43,7 a	108,0 b	14,0 a	59,8 a	2453 a
TSI + 120 Kg N ⁽²⁾	58,2 a	268,5 a	13,2 ab	61,5 ab	2054 ab
TSI + 30 Kg N ⁽³⁾	47,3 a	230,5 a	8,2 b	58,2 b	2022 b
SEMIA 587	48,9 a	249,5 a	9,8 ab	58,5 b	1959 b
SEMIA 5019	50,1 a	281,8 a	8,4 b	58,8 ab	2133 ab
SEMIA 5079	60,0 a	299,5 a	9,1 b	59,3 ab	2242 ab
SEMIA 5080	53,7 a	316,7 a	8,6 b	58,2 b	2034 b
SEMIA 587 + SEMIA 5019	52,8 a	281,6 a	8,4 b	58,8 ab	2124 ab
SEMIA 5079 + SEMIA 5080	54,3 a	335,1 a	10,5 ab	57,4 ab	2149 ab

(1) Aplicação de N-uréia parcelada em 50% no plantio e 50% no florescimento.

(2) 120 kg N-uréia ha⁻¹, parcelados em quatro aplicações: plantio, início do florescimento, florescimento pleno e enchimento de grãos.

(3) Aplicação de N-uréia no plantio.

Valores médios de seis repetições. Letras diferentes nas colunas contrastam médias pelo teste de Duncan (P 0,05).

soja sob Sistema Plantio Direto também foi observada em diversos ensaios conduzidos nos Estados do Paraná (Hungria, 2000; Crispino et al., 2001), Rio Grande do Sul (Campos et al., 2001), Mato Grosso (Loureiro et al., 2001) e nos Cerrados (Mendes et al., 2000). De modo semelhante ao observado nos ensaios conduzidos em Mato Grosso do Sul, a prática da reinoculação nos Estados acima mencionados também proporcionou ganhos no rendimento de grãos da cultura da soja.

Deve-se salientar que a inoculação das sementes promove a formação de grande número de nódulos na coroa da raiz principal da planta, que são os mais eficientes e de grande importância para o estabelecimento do processo de fixação biológica de nitrogênio.

Conclusões

Os resultados verificados nos ensaios conduzidos em Dourados e Ponta Porã (safras de 1996/1997 a 2001/2002) demonstram que a reinoculação pode proporcionar ganhos no rendimento de grãos da soja tanto no sistema convencional como no Sistema Plantio Direto, reforçando a recomendação dessa prática, que deve ser efetuada a cada cultivo

de soja no Brasil.

Por outro lado, a adição de fertilizantes nitrogenados, em qualquer estágio de desenvolvimento das plantas, mostra-se desnecessária, devido ao fato de não contribuir para o aumento significativo da produtividade da cultura, além de prejudicar a nodulação e o processo de fixação biológica de nitrogênio.

Referências Bibliográficas

AGRIANUAL 2001: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, [2000]. 545 p.

AGRIANUAL 2002: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, [2001]. 536 p.

ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Transformação do nitrogênio em rotações de culturas sob sistema plantio direto. In: WORKSHOP NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 2000, Dourados. Anais... Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. p. 9-31. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 26; Embrapa Agrobiologia. Documentos, 128).

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, v. 37-60, 1976-2000.

CAMPOS, B. C.; HUNGRIA, M.; TEDESCO, V. Eficiência da fixação de N₂ por estirpes de *Bradyrhizobium* na soja em plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 25, p. 583-592, 2001.

CRISPINO, C. C.; FRANCHINI, J. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLE, R. N. R.; LOUREIRO, M. F.; SANTOS, E. N.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Adubação nitrogenada na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 6 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 75).

HUNGRIA, M. Características biológicas em solos manejados sob plantio direto. In: REUNIÓN BIENAL DE LA RED LATINOAMERICANA DE AGRICULTURA CONSERVACIONISTA, 5., 1999, Florianópolis. Anais... Florianópolis: EPAGRI, 2000. CD ROM.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 48 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13).

LOUREIRO, M. F.; SANTOS, E. N.; HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J. Efeito da reinoculação e da adubação nitrogenada no rendimento da soja em Mato Grosso. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 4 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 74).

MENDES, I. C.; VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Resposta da soja à adubação nitrogenada na semeadura, em sistema de plantio direto e convencional na Região do Cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 15 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 12).

Comunicado Técnico, 66

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Agropecuária Oeste
Endereço: BR 163, km 253,6 - Caixa Postal 661
79804-970 Dourados, MS
Fone: (67) 425-5122
Fax: (67) 425-0811
E-mail: sac@cpao.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2002): 1.500 exemplares

Comitê de Publicações

Presidente: *Fernando Mendes Lamas*
Secretário-Executivo: *Mário Artemio Urchei*
Membros: *Clarice Zanoni Fontes, Crébio José Ávila, Eli de Lourdes Vasconcelos, Fábio Martins Mercante, Gessi Ceccon e Guilherme Lafourcade Asmus. Membro "Ad hoc": Oscar Fontão de Lima Filho*

Expediente

Supervisor editorial: *Clarice Zanoni Fontes.*
Revisão de texto: *Eliete do Nascimento Ferreira.*
Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos.*
Editoração eletrônica: *Eliete do Nascimento Ferreira*